

Biología

Estas pautas específicas para la asignatura se deben leer junto con las secciones “Introducción”, “Aspectos generales” y “Aspectos específicos: todas las monografías” de esta guía.

Generalidades

La monografía en Biología ofrece a los alumnos la oportunidad de aplicar una gama de habilidades en la investigación de un tema de su interés en esta disciplina. Se caracteriza por un énfasis especial en los aspectos relacionados con la biología dentro del contexto más general de la investigación científica.

Elección del tema

Es importante que la monografía aborde el tema desde el punto de vista de la biología y que no se oriente hacia otra asignatura. La biología es la ciencia que estudia los seres vivos y los procesos vitales. Por lo tanto, las monografías en Biología deben incorporar las teorías pertinentes y poner de relieve la naturaleza intrínseca de la asignatura.

Aunque a todas las monografías en las Ciencias Experimentales del Programa del Diploma se aplican los mismos criterios de evaluación, en las monografías en Biología el tema elegido debe permitir un enfoque específico de la disciplina. Cuando un tema pueda enfocarse desde diferentes puntos de vista, será necesario adoptar una perspectiva netamente biológica en el tratamiento del material. Por ejemplo, una monografía en un área interdisciplinaria como la bioquímica, si se presenta como monografía en Biología, se evaluará por el contenido relacionado con ésta y no con Química.

Los trabajos que tratan sobre enfermedades del ser humano constituyen un caso representativo, ya que frecuentemente pueden abordarse desde diversas perspectivas (biológica, médica, social o económica). En particular, dichas monografías deben evitar abordar el tema desde una perspectiva demasiado médica y centrarse en los aspectos biológicos de la enfermedad, en lugar de en los aspectos de diagnóstico y tratamiento.

Algunos temas pueden resultar inadecuados por razones éticas. Las investigaciones que se basan en experimentos que puedan infligir dolor o causar estrés innecesario a organismos vivos no son adecuadas. Tampoco son adecuadas aquellas que puedan afectar la salud (por ejemplo, el cultivo de microorganismos a temperatura corporal o una temperatura similar), o las que impliquen el acceso a información médica confidencial o su divulgación.

Algunos temas pueden ser inadecuados por razones de seguridad. Deben evitarse los experimentos en los cuales los alumnos empleen químicos tóxicos o peligrosos, sustancias cancerígenas o materiales radioactivos, a menos que se cuente con el equipo de seguridad apropiado y la supervisión de una persona debidamente preparada. Otros temas pueden resultar inadecuados debido a que los resultados de la investigación ya se conocen y se encuentran documentados en libros de texto.

Los siguientes ejemplos de títulos de monografías en Biología se ofrecen solamente como orientación. Se dan dos versiones de cada título para ilustrar que debe procurarse que los temas sean específicos y bien delimitados (como en el primer caso) en lugar de amplios y generales (como en el segundo caso).

- “El efecto de la toxicidad de los detergentes en ciertas variedades de bacterias del suelo” **es mejor que** “Los detergentes y el medio ambiente”.
- “Estudio de la desnutrición en los niños en Indonesia y su recuperación tras un período de alimentación mejorada y supervisada” **es mejor que** “La desnutrición en los niños”.
- “Estudio de los efectos de distintos niveles de pH en el crecimiento de *Phaseolus vulgaris*” **es mejor que** “Los efectos de la acidez en el crecimiento de las plantas”.
- “La naturaleza competitiva y evolutiva de las relaciones simbióticas en *Paramecium bursaria*” **es mejor que** “La simbiosis en los animales”.
- “Los efectos de la cáscara de banana o plátano en la germinación de las semillas” **es mejor que** “Los factores que afectan la germinación de las semillas”.
- “La electroforesis en gel: construcción de un aparato y separación de proteínas en la leche de vaca tratada térmicamente” **es mejor que** “Usos de la técnica de la electroforesis en gel”.

El tema de estudio debe delimitarse en el problema de investigación, preferentemente formulado como una pregunta, e ir seguido de una declaración donde se describa brevemente el enfoque adoptado para abordarlo. De este modo, se expresa más claramente el enfoque específico que se le quiere dar al tema. A continuación se ofrecen varios ejemplos.

Tema	La distribución y el crecimiento de líquenes en las aceras urbanas
Problema de investigación	¿Cómo afectan los niveles de dióxido de azufre y ozono presentes en la atmósfera al crecimiento y la distribución de líquenes?
Enfoque	Se obtienen datos sobre el diámetro de los talos y la densidad de la población en distintas partes de la ciudad. Esos datos se comparan con información publicada sobre los niveles de SO ₂ y O ₃ .
Tema	La eficacia de los agentes de limpieza antibacterianos comerciales
Problema de investigación	¿Los agentes de limpieza disponibles en el mercado son eficaces en el control del crecimiento de <i>E. coli</i> en agar nutriente en condiciones de laboratorio?
Enfoque	Se cultivan cepas puras de <i>E. coli</i> en placas de agar nutriente en condiciones controladas. Se colocan sobre las placas de agar discos de papel empapados en los agentes antibacterianos, y se mide y se compara la zona de exclusión.

Tema	Altitud y forma física
Problema de investigación	¿Qué efecto tiene la altitud en la forma física de un atleta que realiza un programa de entrenamiento en esas condiciones?
Enfoque	Utilizando un monitor digital del ritmo cardíaco, se mide el ritmo cardíaco y el tiempo de recuperación de cuatro atletas antes y después del ejercicio. A continuación, los atletas realizan el mismo programa de entrenamiento a 2.500 metros de altitud sobre el nivel del mar, después de lo cual se vuelven a medir sus ritmos cardíacos y tiempos de recuperación. Se analizan los datos generados antes y después del entrenamiento y se comparan con datos publicados.
Tema	Ureasa en los porotos de soja
Problema de investigación	¿Qué método de extracción y qué temperaturas permiten los mejores niveles de actividad de la ureasa?
Enfoque	Se extrae la enzima de porotos de soja secos mediante tres métodos diferentes y el nivel de actividad se mide y se compara con un nivel estándar. La actividad de la ureasa se mide, con fenoltaleína, según el tiempo que tarda una solución de urea estándar en tornarse rosa en presencia de la enzima.

Tratamiento del tema

En la primera parte de la monografía, los alumnos deben indicar cómo llegaron al problema de investigación y, si corresponde, cómo lograron hacerlo más específico, mediante una breve descripción de los aspectos relacionados que no se consideran en el trabajo. Se les debe animar a formular una o más hipótesis basadas en el problema de investigación. Un problema bien formulado puede dar lugar a un pequeño número de hipótesis precisas.

Las monografías en Biología pueden basarse en datos obtenidos por el alumno mediante experimentos, encuestas o estudios, observaciones con el microscopio, dibujos, trabajo de campo u otro método adecuado. También pueden basarse en datos o información provenientes de publicaciones (idealmente de fuentes primarias) que sean manipulados o analizados por el alumno. La repetición de hechos o datos tomados directamente de las fuentes utilizadas tiene un valor muy limitado. Cualquiera sea el enfoque adoptado, el alumno debe asegurarse de que puede obtener suficiente material, en forma de datos e información, para poder investigar el tema con eficacia.

Las monografías que implican trabajos prácticos realizados fuera del laboratorio, o trabajos de campo, deben incluir una descripción clara y concisa del procedimiento utilizado. Los alumnos deben intentar especificar cómo decidieron el enfoque y la metodología de la investigación, y plantear otros que hayan considerado y desechado. Lo ideal es que realicen la investigación para la monografía con la orientación del supervisor del colegio solamente. Algunas de las mejores monografías son aquellas que investigan fenómenos relativamente sencillos utilizando el equipo normalmente disponible en cualquier colegio. Recomendamos fomentar este enfoque. Independientemente del lugar o las circunstancias donde se lleve a cabo la investigación, los alumnos deben proporcionar en el trabajo pruebas de su contribución personal al enfoque adoptado y a la selección de los métodos empleados. Las monografías basadas en investigaciones realizadas por los alumnos en institutos de investigación o universidades, con la orientación de un supervisor externo, deben ir acompañadas de una carta donde se describa la naturaleza de la supervisión y el grado de orientación proporcionado.

La generación y presentación de datos no debe ser un fin en sí mismo; el análisis mediante técnicas científicas adecuadas es esencial. La sección principal de la monografía debe consistir en un argumento o evaluación basada en los datos o la información presentada. En el mismo, el alumno debe señalar la importancia de las gráficas, tablas o diagramas que haya incluido. Debido a que a menudo es la parte más larga del trabajo, es fundamental que esté bien estructurada y tenga un desarrollo lógico obvio. Para lograr una estructura clara en esta parte, se puede dividir en párrafos numerados y con encabezamientos diferentes. La evaluación que se presenta en la sección principal de la monografía debe demostrar la comprensión de los resultados y de su importancia a la luz del material consultado.

Los alumnos deben proporcionar alguna explicación sobre las anomalías o resultados inesperados que hayan surgido, pero ello no debe constituir la principal parte del análisis. Si es necesario, deben proponerse modificaciones a las hipótesis presentadas anteriormente en el trabajo y se debe sugerir un enfoque de investigación para su comprobación. Debe realizarse cierta evaluación de los resultados de la investigación en contextos futuros o más amplios.

Se debe estimular a los alumnos a evaluar de forma crítica el trabajo que han realizado. En dicho análisis, el alumno debe describir y explicar las limitaciones de la investigación derivadas de factores tales como la adecuación y fiabilidad de las fuentes utilizadas, la precisión del equipo o instrumentos utilizados para las mediciones, el tamaño de las muestras, la validez y fiabilidad de las estadísticas. También deben considerarse las limitaciones de tipo biológico, tales como las que surgen del problema de repetir y controlar cuando se utilizan materiales vivos, además de las relacionadas con las dificultades para hacer generalizaciones a partir de investigaciones basadas en un solo tipo de organismo o entorno.

Interpretación de los criterios de evaluación

Criterio A: Formulación del problema de investigación

En una monografía en Biología, la mejor manera de formular el problema de investigación es en forma de pregunta. El problema de investigación no debe entenderse como un enunciado del tema sino como una pregunta formulada con precisión, que se intentará abordar mediante la investigación. Por ejemplo, el tema de la monografía podría ser "Factores que afectan el crecimiento de las bacterias en cultivos en placas de agar"; una pregunta de investigación basada en este tema podría ser "¿Qué efecto tiene la temperatura en las tasas de crecimiento de tres cepas de *E. coli* ?". A partir del problema de investigación se pueden formular una o varias hipótesis susceptibles de comprobación. El problema de investigación debe identificarse con claridad y ocupar un lugar destacado en la introducción. Un enunciado general del tema o la formulación de una hipótesis **no son suficientes** para cumplir con el requisito de la formulación del problema de investigación en las monografías en Biología.

Criterio B: Introducción

El propósito de la introducción es ubicar el problema de investigación en un contexto. Normalmente, resulta adecuado incluir las teorías biológicas generales en que se basa el trabajo a fin de que se comprenda cómo surgió el problema de investigación. No se espera que los alumnos expliquen los conceptos biológicos básicos que forman parte del programa de estudios de Biología en el Programa del Diploma, pero sí deben ser capaces de demostrar que los comprenden y saben aplicarlos correctamente. Algunos problemas de investigación pueden requerir la inclusión de información proveniente de otras disciplinas, aunque ésta debe ser mínima ya que la monografía se evaluará tomando en cuenta el contenido de Biología.

Criterio C: Investigación

El modo en que se redacte la monografía dependerá en gran medida de si la investigación se basa en experimentos realizados por el alumno o no. Cuando se basa en datos extraídos de fuentes escritas, el alumno debe explicar claramente cómo seleccionó dichos datos y comentar su fiabilidad. Cuando se basa en experimentos realizados por el alumno, éste debe proporcionar información suficiente sobre la metodología empleada para permitir que se repitan los experimentos. Los alumnos deben demostrar que comprenden las teorías en que se basan las técnicas o aparatos utilizados. Asimismo, se espera que demuestren conocer las posibles limitaciones o incertidumbres inherentes a dichas técnicas y aparatos.

Criterio D: Conocimiento y comprensión del tema

Las monografías en Biología deben basarse en aspectos específicos, pertinentes y claramente definidos del estudio de los seres vivos. La información y las ideas deben presentarse de un modo que demuestre su comprensión y aplicación correctas. El material extraído de las fuentes utilizadas debe presentarse con las referencias bibliográficas correspondientes, e incorporarse al cuerpo del trabajo de un modo que demuestre la comprensión por parte del alumno.

Criterio E: Argumento razonado

Debido a la naturaleza de la asignatura, los alumnos que realicen su monografía en Biología deben esforzarse especialmente por presentar un argumento razonado y lógico que se centre en el problema de investigación. Si se intenta incorporar demasiadas variables es menos probable que el trabajo se centre adecuadamente en el tema y resulte coherente. Una forma de lograr un argumento claro y lógico es haciendo referencia constante al problema de investigación y las hipótesis derivadas. Asimismo, debe incluirse en el argumento una evaluación de la medida en que los datos o la información utilizados sirven de fundamento a las hipótesis o permiten responder al problema de investigación.

Criterio F: Aplicación de habilidades de análisis y evaluación apropiadas para la asignatura

La conclusión o conclusiones extraídas deben basarse en los datos, la información o las pruebas presentadas en la monografía. Los datos deben analizarse y presentarse de manera que sirvan de fundamento al argumento que conduce a la conclusión y permitan plantearlo con claridad. En general, ello no se logra simplemente con la presentación de tablas con datos brutos. Dichos datos deben analizarse, procesarse y presentarse de un modo que los relacione clara y directamente con el argumento central de la monografía. Cuando resulte adecuado, el análisis debe permitir la evaluación de la validez de las hipótesis. Asimismo, deben analizarse y evaluarse de manera crítica los errores e incertidumbres generados por la metodología, los instrumentos y las técnicas utilizados.

Criterio G: Uso de un lenguaje apropiado para la asignatura

Los alumnos que presentan su monografía en Biología deben demostrar que dominan y son capaces de utilizar con fluidez la terminología pertinente. Al mismo tiempo, es necesario evitar el uso excesivo de la jerga biológica. El alumno debe explicar los términos técnicos empleados y demostrar su comprensión de los mismos utilizándolos adecuadamente en el texto. Por otra parte, debe intentar aplicar sistemáticamente el mismo estilo lingüístico en toda la monografía.

Criterio H: Conclusión

La conclusión debe relacionarse directamente con el problema de investigación y destacar los principales resultados obtenidos. Frecuentemente, la investigación biológica genera resultados inesperados, y éstos deben señalarse incluso si no formaban parte del plan original. Es probable que la investigación no permita responder completamente al problema planteado. En esos casos, los alumnos deben señalar las cuestiones no resueltas y sugerir formas en que éstas podrían investigarse.

Criterio I: Presentación formal

Para fundamentar las investigaciones biológicas a menudo se requiere el uso de material extraído de las fuentes señaladas en las referencias bibliográficas, no sólo texto o datos sino también diagramas o ilustraciones. Los alumnos deben recordar que es necesario incluir las referencias pertinentes para las ilustraciones tomadas de las fuentes y evitar incluir ilustraciones sin un propósito justificado. El material ilustrativo sólo debe incluirse si contribuye al argumento o aporta información que no resulta fácil proporcionar de otro modo. Las fotografías, fotocopias o imágenes descargadas de Internet que no estén rotuladas o incorporadas adecuadamente al contexto de la investigación probablemente no contribuyan a mejorar la monografía.

Las investigaciones biológicas frecuentemente generan grandes cantidades de datos brutos. Es conveniente incluir las tablas extensas de datos brutos en el apéndice, mientras que los datos procesados que son importantes para el argumento deben incluirse en la sección principal de la monografía, lo más cerca posible de la primera referencia a los mismos en el texto.

Criterio J: Resumen

En una investigación biológica, el resumen debe incluir el problema de investigación y una conclusión que se relacione directamente con éste. Asimismo, la descripción de la forma en que se llevó a cabo la investigación debe incorporar una descripción de la metodología y el alcance del estudio realizado.

Criterio K: Valoración global

Los aspectos que se evalúan mediante este criterio son los siguientes:

- **Iniciativa intelectual:** en las monografías en Biología, se puede demostrar mediante la elección del tema, la formulación del problema de investigación y el uso de enfoques innovadores u originales para abordarlo.
- **Reflexión perspicaz y profundidad de la comprensión:** se podrán demostrar mejor mediante una investigación minuciosa, una reflexión exhaustiva y un argumento bien fundado y razonado que aborde el problema de investigación de manera coherente y eficaz.
- **Originalidad y creatividad:** se demostrarán mediante pruebas claras de haber utilizado un enfoque personal respaldado por una investigación y un razonamiento sólidos.